

AY  
C  
5/7/2

Docket No. 216686US2/btm

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Jiro INOUE

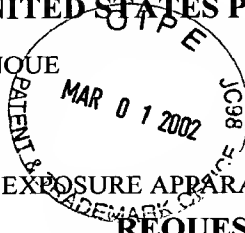
SERIAL NO: 09/995,595

FILED: November 29, 2001

FOR: STAGE UNIT AND EXPOSURE APPARATUS

GAU: 2812

EXAMINER:



REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS  
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number [US App No], filed [US App Dt], is claimed pursuant to the provisions of **35 U.S.C. §120**.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of **35 U.S.C. §119(e)**.
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of **35 U.S.C. §119**, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

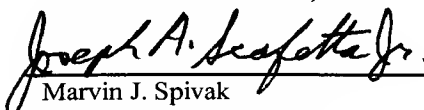
<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2000-362258	November 29, 2000
JAPAN	2001-356904	November 22, 2001

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and  
(B) Application Serial No.(s)
  - ☐ are submitted herewith
  - ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Joseph A. Scafetta, Jr.  
Registration No. 26,803



22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 10/98)

09/995, 595



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年11月29日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-362258

出 願 人

Applicant(s):

株式会社ニコン

2001年11月26日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造

出証番号 出証特2001-3102894

【書類名】 特許願

【整理番号】 00-00668

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン  
内

    【氏名】 井上 次郎

【特許出願人】

    【識別番号】 000004112

    【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

    【識別番号】 100102901

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 立石 篤司

    【電話番号】 042-739-6625

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 053132

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 エネルギービームにより基板を露光して前記基板上に所定のパターンを形成する露光装置であって、

2 次元移動する基板ステージと；

前記基板ステージ上に載置され前記基板を保持する基板保持部材と；

前記基板保持部材との位置関係が一定となるように前記基板ステージ上の前記基板保持部材の周辺に設けられ、使用される計測シーケンス毎に複数の基準マークが分散して配置された複数の基準マーク板と；

前記基板ステージ上に存在するマークを検出するマーク検出系と；

前記マーク検出系を用いて前記各基準マークの位置情報を検出する検出動作を含む各種計測シーケンスを実行する制御装置と；を備える露光装置。

【請求項 2】 エネルギービームにより基板を露光して前記基板上に所定のパターンを形成する露光装置であって、

2 次元移動する基板ステージと；

前記基板ステージの位置を計測する位置計測装置と；

前記基板ステージ上に載置され前記基板を保持する基板保持部材と；

前記基板保持部材との位置関係が一定となるように前記基板ステージ上に設けられ、前記基板保持部材の中心を含む多角形の各頂点位置の近傍にそれぞれ配置された少なくとも 3 つの基準マークと；

前記基準マークを含む前記基板ステージ上に存在するマークを検出するマーク検出系と；

前記マーク検出系と前記位置計測装置とを用いて前記各基準マークの位置情報を検出する検出動作を含む各種計測シーケンスを実行する制御装置と；を備える露光装置。

【請求項 3】 エネルギービームにより基板を露光して前記基板上に所定のパターンを形成する露光装置であって、

2 次元移動する基板ステージと；

前記基板ステージの位置を計測する位置計測装置と；

前記基板ステージ上に載置され前記基板を保持する基板保持部材と；

前記基板保持部材との位置関係が一定となるように前記基板ステージ上に設けられ、前記基板保持部材の中心を通る直線上の前記中心に関して反対側に配置された２つの基準マークと；

前記基準マークを含む前記基板ステージ上に存在するマークを検出するマーク検出系と；

前記マーク検出系と前記位置計測装置とを用いて前記各基準マークの位置情報を検出する検出動作を含む各種計測シーケンスを実行する制御装置と；を備える露光装置。

【請求項４】 前記各基準マークは、前記基板保持部材の周辺に設けられた基準マーク板上に形成されていることを特徴とする請求項２又は３に記載の露光装置。

【請求項５】 前記各基準マークは、それらが使用される計測シーケンス毎に複数の基準マーク板上に分散して配置されていることを特徴とする請求項４に記載の露光装置。

【請求項６】 前記基板ステージの位置は、前記位置計測装置により直交座標系上で管理されており、

前記複数の基準マーク板は、前記直交座標系上の第１軸方向に複数の基準マークが形成された第１軸方向に細長く伸びる第１マーク板と、前記第１軸方向に直交する第２軸方向に複数の基準マークが配置された第２軸方向に細長く伸びる第２マーク板とを含むことを特徴とする請求項５に記載の露光装置。

【請求項７】 前記各基準マークは、前記基板保持部材に形成されていることを特徴とする請求項２又は３に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、露光装置に係り、更に詳しくは、エネルギービームにより基板を露光して前記基板上に所定のパターンを形成する露光装置に関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

従来より、半導体素子、液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル（以下「レチクル」と総称する）に形成されたパターンを投影光学系を介してレジスト等が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、「ウエハ」と総称する）上に転写する露光装置が用いられている。近年では、半導体素子の高集積化に伴い、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆるステッパ）や、このステッパに改良を加えたステップ・アンド・スキャン方式の走査型投影露光装置（いわゆるスキヤニング・ステッパ）等の逐次移動型の投影露光装置が主流となっている。

## 【 0 0 0 3 】

半導体素子等は、ウエハ上に複数層のパターンを重ね合せて形成されるため、ステッパ等の露光装置では、ウエハ上に既に形成されたパターンと、レチクルに形成されたパターンとの重ね合せを高精度に行う必要がある。このため、ウエハ上のパターンが形成されたショット領域の位置を正確に計測する必要があり、この方法として、各ショット領域に付設されたアライメントマークの位置を種々の位置計測センサを用いて計測することがなされている。

## 【 0 0 0 4 】

また、この計測のために、ウエハを保持するウエハステージ上には、レチクル、投影レンズ及びウエハの位置関係を計測する基準となる複数種類の基準マークが形成されたフィデューシャルマーク板（基準マーク板）がウエハ近傍に設けられている。

## 【 0 0 0 5 】

この基準マーク板は、通常はウエハステージ上に 1 枚配置されており、基準マーク板上に形成された基準マークを計測することで、位置計測センサ間の相対距離の管理、ステージの位置を計測するステージ干渉計の直交度、及びステージ干渉計により計測される干渉縞のカウントから距離を導き出すための換算レートの管理などが行われている。

## 【 0 0 0 6 】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、これらの管理のための計測を1枚の基準マーク板で行う場合、その計測距離のスペンが基準マーク板のサイズによって制約を受けるため、これにより計測精度が低下する恐れがある。

## 【0007】

このため、計測精度を向上する手段として、基準マーク板のサイズを拡大することが考えられるが、ステージの大型化が引き起こされることが懸念される。特に、最近注目されている複数の基板ステージを備える露光装置にあっては、ステージの駆動範囲を非常に広く確保する必要があるため、装置のフットプリントを必然的に増大させるという不都合をも有している。

## 【0008】

また、上述した複数ステージを備える露光装置の場合、露光用光学系を1つしか備えていない場合が多く、このような場合に、ステージ同士の干渉を防止する必要から露光位置とアライメント位置とが遠く離れる傾向がある。このため、露光位置とアライメント位置との間でステージの位置を計測する干渉計光軸がステージから外れてしまうため、このような場合であっても、ステージ上の基板の露光用光学系やマスクに対する相対位置を精度良く管理する必要がある。

## 【0009】

本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第1の目的は、基板ステージの小型化及び装置フットプリントの縮減が可能な露光装置を提供することにある。

## 【0010】

また、本発明の第2の目的は、基板の位置を常に精度良く管理することが可能な露光装置を提供することにある。

## 【0011】

## 【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の発明は、エネルギービーム（IL）により基板（W1，W2）を露光して前記基板上に所定のパターンを形成する露光装置であって、2次元移動する基板ステージ（WST1，WST2）と；前記基板ステージ上に載置され

前記基板を保持する基板保持部材（H 1，H 2）と；前記基板保持部材との位置関係が一定となるように前記基板ステージ上の前記基板保持部材の周辺に設けられ、使用される計測シーケンス毎に複数の基準マークが分散して配置された複数の基準マーク板（F M a ～ F M d，F M a' ～ F M d'）と；前記基板ステージ上に存在するマークを検出するマーク検出系（2 4 a，2 4 b）と；前記マーク検出系を用いて前記各基準マークの位置情報を検出する検出動作を含む各種計測シーケンスを実行する制御装置（9 0）と；を備える。

## 【 0 0 1 2 】

これによれば、基板ステージ上において、基板保持部材との位置関係が一定となるように基板保持部材の周辺に、使用される計測シーケンス毎に複数の基準マークが分散して配置された複数の基準マーク板が設けられているため、基板ステージ上の僅かなスペースに基準マーク板を設けることができる。また、制御装置により、マーク検出系を用いて各基準マークの位置情報を検出する検出動作を含む各種計測シーケンスが実行されるので、計測に関する機能を維持することができる。従って、計測機能を維持したまま、基板ステージの小型化、ひいては装置のフットプリントの縮減を図ることが可能となる。

## 【 0 0 1 3 】

請求項 2 に記載の発明は、エネルギービーム（I L）により基板（W 1，W 2）を露光して前記基板上に所定のパターンを形成する露光装置であって、2 次元移動する基板ステージ（W S T 1，W S T 2）と；前記基板ステージの位置を計測する位置計測装置（1 6，1 8，4 4，4 6，4 8）と；前記基板ステージ上に載置され前記基板を保持する基板保持部材（H 1，H 2）と；前記基板保持部材との位置関係が一定となるように前記基板ステージ上に設けられ、前記基板保持部材の中心を含む多角形の各頂点位置の近傍にそれぞれ配置された少なくとも 3 つの基準マーク（M a 1 ～ M d）と；前記基準マークを含む前記基板ステージ上に存在するマークを検出するマーク検出系（2 4 a，2 4 b）と；前記マーク検出系と前記位置計測装置とを用いて前記各基準マークの位置情報を検出する検出動作を含む各種計測シーケンスを実行する制御装置（9 0）と；を備える。

## 【 0 0 1 4 】



これによれば、それぞれの基準マークが多角形の各頂点位置の近傍に配置されるので、基準マーク間の間隔（距離）を十分大きくとることができ、計測スパンの制約を緩和することができ、これにより計測精度の向上を図ることができる。また、基準マークで囲まれる多角形の領域の内部に基板保持部材の中心が存在するので、基準マークの位置の計測結果に基づいて基板保持部材の中心を求める場合、その中心点は基準マーク位置のいわば内挿点に相当する。従って、例えば、制御装置では、マーク検出系と位置計測装置とを用いて基板ステージ上に設けられた各基準マークの位置情報を検出し、その位置情報に基づいて所定の演算を行なうことにより、基板保持部材の中心を原点とする保持部材座標系をある程度高い信頼度で求めることができる。また、制御装置では、マーク検出系と位置計測装置とを用いて基板上の前記多角形内部に存在するアライメントマークの位置情報を任意の座標系、例えばステージ座標系上で求め、これを前記基板保持部材座標系における位置情報に変換することにより、例えば、基板ステージの位置が一時的に管理できなくなった場合であっても、新たな座標系上で基準マークを再度計測することにより、その計測結果と前記基板保持部材上の座標系における位置情報とに基づいて新たな座標系上で前記アライメントマークの位置情報を高い信頼性で求めることができる。従って、基板ステージの大型化及び装置のフットプリントの拡大を招くことなく、基板の位置を常に精度良く管理することが可能となる。

## 【 0 0 1 5 】

請求項 3 に記載の発明は、エネルギービーム（I L）により基板（W 1，W 2）を露光して前記基板上に所定のパターンを形成する露光装置であって、2次元移動する基板ステージ（W S T 1，W S T 2）と；前記基板ステージの位置を計測する位置計測装置（1 6，1 8，4 4，4 6，4 8）と；前記基板ステージ上に載置され前記基板を保持する基板保持部材（H 1，H 2）と；前記基板保持部材との位置関係が一定となるように前記基板ステージ上に設けられ、前記基板保持部材の中心を通る直線上の前記中心に関して反対側に配置された 2 つの基準マーク（M h，M i）と；前記基準マークを含む前記基板ステージ上に存在するマークを検出するマーク検出系（2 4 a，2 4 b）と；前記マーク検出系と前記位置

計測装置とを用いて前記各基準マークの位置情報を検出する検出動作を含む各種計測シーケンスを実行する制御装置（90）と；を備える。

## 【0016】

これによれば、2つの基準マークが基板保持部材の中心を通る直線上の中心に関して反対側に配置されているので、基準マーク間の間隔を基板保持部材の直径程度の長さにとることができ、計測スパンの制約を緩和することができ、これにより計測精度の向上を図ることができる。また、2つの基準マークを結ぶ直線上に基板保持部材の中心が存在するので、基準マークの位置の計測結果に基づいて基板保持部材の中心を求める場合、その中心点は基準マーク位置の内挿点に相当する。従って、例えば、制御装置では、マーク検出系と位置計測装置とを用いて基板ステージ上に設けられた各基準マークの位置情報を検出し、その位置情報に基づいて所定の演算を行なうことにより、基板保持部材の中心を原点とする保持部材座標系をある程度高い信頼度で求めることができる。また、制御装置では、マーク検出系と位置計測装置とを用いて基板上の前記直線上に存在するアライメントマークの位置情報を任意の座標系、例えばステージ座標系上で求め、これを前記基板保持部材座標系における位置情報に変換することにより、例えば、基板ステージの位置が一時的に管理できなくなった場合であっても、新たな座標系上で基準マークを再度計測することにより、その計測結果と前記基板保持部材上の座標系における位置情報とに基づいて新たな座標系上で前記アライメントマークの位置情報を高い信頼性で求めることができる。従って、基板ステージの大型化及び装置のフットプリントの拡大を招くことなく、基板の位置を常に精度良く管理することが可能となる。この場合、2つの基準マークが基板保持部材の中心に対して対称であることから、例えば基板保持部材の中心座標及び回転角を容易に算出することが可能である。また、例えば、基板ステージの位置が、位置計測装置により直交座標系上で管理されている場合において、2つの基準マークを結ぶ直線が直交座標系の座標軸に対してほぼ45°の傾斜を有するようにすることにより、直交座標系の両座標軸方向について同等の精度でマーク位置の計測を行うことが可能となる。

## 【0017】

上記請求項 2 及び 3 に記載の各発明において、前記各基準マークは、基板ステージ上に直接形成されていても良いが、請求項 4 に記載の発明の如く、前記各基準マークは、前記基板保持部材の周辺に設けられた基準マーク板（F M a ～ F M d, F M a' ～ F M d' ）上に形成されていることとしても良い。

## 【 0 0 1 8 】

この場合において、請求項 5 に記載の発明の如く、前記各基準マークは、それらが使用される計測シーケンス毎に複数の基準マーク板上に分散して配置されていることとすることができる。かかる場合には、通常基準マーク板上に多数存在するマーク類を、それらの計測シーケンスに応じて分散することで、その機能を維持しつつ、1 つ 1 つの基準マーク板の小型化、ひいては基準マーク板が配置される基板ステージ及び露光装置全体の小型化を図ることが可能となる。

## 【 0 0 1 9 】

この場合において、請求項 6 に記載の発明の如く、前記基板ステージの位置は、前記位置計測装置により直交座標系上で管理されており、前記複数の基準マーク板は、前記直交座標系上の第 1 軸方向に複数の基準マークが形成された第 1 軸方向に細長く伸びる第 1 マーク板（F M a, F M a' ）と、前記第 1 軸方向に直交する第 2 軸方向に複数の基準マークが配置された第 2 軸方向に細長く伸びる第 2 マーク板（F M b, F M b' ）とを含むこととすることができる。かかる場合には、多数存在する基準マークを、それらの使用態様に応じて分散することで、その機能を維持しつつ、1 つ 1 つの基準マーク板の小型化、ひいては基準マーク板が配置される基板ステージの小型化を図ることが可能となる。

## 【 0 0 2 0 】

また、例えば、走査型の露光装置であれば、第 1 軸方向を基板の非走査方向とした場合、第 1 マーク板がこの方向について、ほぼ基板上のショット領域の大きさを有し、走査方向には僅かな大きさを有することとすることで、レチクルの両端に形成されたレチクルアライメントマークを計測する 2 眼 1 対のレチクルアライメント顕微鏡により両眼で同時に計測可能な基準マークを基準マーク板上に形成することが可能となる。一方、第 2 軸方向を基板の走査方向とした場合、第 2 マーク板がこの方向について、ほぼショット領域の大きさを有し、非走査方向に

は僅かな大きさとすることで、前記レチクルアライメント顕微鏡の片眼を用いて行われる、レチクルステージの位置を計測する干渉計と基板ステージの位置を計測する干渉計のスケーリング合わせを行なうことが可能な基準マークを基準マーク板上に形成することが可能となる。

## 【 0 0 2 1 】

上記請求項 2 及び 3 に記載の各発明において、請求項 7 に記載の発明の如く、前記各基準マークは、前記基板保持部材に形成されていることとしても良い。

## 【 0 0 2 2 】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態を図 1 ～図 4 に基づいて説明する。

## 【 0 0 2 3 】

図 1 には、本発明に係る露光装置 1 0 の概略構成が示されている。この露光装置 1 0 は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の露光装置である。

## 【 0 0 2 4 】

この露光装置 1 0 は、露光光 I L によりマスクとしてのレチクル R を上方から照明する照明系 2 0、前記レチクル R を主として走査方向（ここでは、図 1 における紙面直交方向である Y 軸方向とする）に駆動するレチクル駆動系、前記レチクル R の下方に配置された投影光学系 P L、該投影光学系 P L の下方に配置され、基板としてのウエハ W 1、W 2 をそれぞれ保持して独立して 2 次元方向に移動する基板ステージとしてのウエハステージ W S T 1、W S T 2 を備えたステージ装置、及びこれら各部を制御する制御系等を備えている。

## 【 0 0 2 5 】

前記照明系 2 0 は、例えば特開平 1 0 - 1 1 2 4 3 3 号公報などに開示されるように、光源、フライアイレンズ又はロッドインテグレータ（内面反射型インテグレータ）等からなる照度均一化光学系、リレーレンズ、可変 N D フィルタ、レチクルブラインド、及びダイクロイックミラー等（いずれも不図示）を含んで構成されている。この照明系 2 0 では、回路パターン等が描かれたレチクル R 上のレチクルブラインドで規定されたスリット状の照明領域部分をエネルギービームと

しての露光光 I L によりほぼ均一な照度で照明する。ここで、露光光 I L としては、K r F エキシマレーザ光（波長 2 4 8 n m）、A r F エキシマレーザ光（波長 1 9 3 n m）などの遠紫外光、あるいは F<sub>2</sub> レーザ光（波長 1 5 7 n m）などの真空紫外光などが用いられる。露光光 I L として、超高圧水銀ランプからの紫外域の輝線（g 線、i 線等）を用いることも可能である。

## 【 0 0 2 6 】

前記レチクル駆動系は、レチクル R を保持して図 1 に示されるレチクルベース盤 2 5 に沿って X Y 2 次元面内で移動可能なレチクルステージ R S T と、このレチクルステージ R S T を駆動する不図示のリニアモータ等を含むレチクル駆動部と、このレチクルステージ R S T の位置を管理するレチクル干涉計システム 2 8 とを備えている。

## 【 0 0 2 7 】

これを更に詳述すると、レチクルステージ R S T は、実際には、不図示の非接触ベアリング、例えば真空予圧型気体静圧軸受け装置を介してレチクルベース盤 2 5 上に浮上支持され、不図示のリニアモータによって、走査方向である Y 軸方向に所定ストローク範囲で駆動されるレチクル粗動ステージと、該レチクル粗動ステージに対しボイスコイルモータ等からなる駆動機構によって X 軸方向、Y 軸方向及び  $\theta$  z 方向（Z 軸回りの回転方向）に微少駆動されるレチクル微動ステージとから構成される。このレチクル微動ステージ上に不図示の静電チャック又は真空チャックを介してレチクル R が吸着保持されている。なお、図示は省略されているが、レチクル粗動ステージの移動により発生する反力は、例えば、特開平 8 - 6 3 2 3 1 号公報などに開示されるように、レチクル粗動ステージを駆動するためのリニアモータの可動子と固定子とをレチクルベース盤 2 5 に対して互いに逆向きに相対移動させることによって排除するようになっている。

## 【 0 0 2 8 】

上述のように、レチクルステージ R S T は、実際には、2 つのステージから構成されるが、以下においては、便宜上、レチクルステージ R S T は、不図示のレチクル駆動部により X 軸、Y 軸方向の微少駆動、 $\theta$  z 方向の微少回転、及び Y 軸方向の走査駆動がなされる単一のステージであるものとして説明する。

## 【 0 0 2 9 】

レチクルステージ R S T 上には、図 2 に示されるように、X 軸方向の一侧（+X 側）の端部に、レチクルステージ R S T と同じ素材（例えばセラミック等）から成る平行平板移動鏡 3 9 が Y 軸方向に延設されており、この移動鏡 3 9 の X 軸方向の一侧の面には鏡面加工により反射面が形成されている。この移動鏡 3 9 の反射面に向けて図 1 の干渉計システム 2 8 を構成する測長軸 B I 6 X で示される干渉計からの干渉計ビームが照射され、その干渉計ではその反射光を受光して基準面に対する相対変位を計測することにより、レチクルステージ R S T の位置を計測している。ここで、この測長軸 B I 6 X を有する干渉計は、実際には独立に計測可能な 2 本の干渉計光軸を有しており、レチクルステージ R S T の X 軸方向の位置計測と、ヨーイング量の計測が可能となっている。この測長軸 B I 6 X を有する干渉計は、後述するウエハステージ側の測長軸 B I 1 X（又は B I 2 X）を有する干渉計 1 6（又は 1 8）（図 3 参照）からのウエハステージ W S T 1（又は W S T 2）のヨーイング情報や X 位置情報に基づいてレチクルとウエハの相対回転（回転誤差）をキャンセルする方向にレチクルステージ R S T を回転制御したり、X 方向のレチクルとウエハとの位置合わせを行うために用いられる。

## 【 0 0 3 0 】

一方、レチクルステージ R S T の走査方向（スキャン方向）である Y 軸方向の一侧（図 1 における紙面手前側）には、一对のコーナーキューブミラー 3 5 A，3 5 B が設置されている。そして、不図示の一对のダブルパス干渉計から、これらのコーナーキューブミラー 3 5 A，3 5 B に対して図 2 に測長軸 B I 7 Y，B I 8 Y で示される干渉計ビームが照射される。これらの干渉計ビームは、レチクルベース盤 2 5 上に設けられた不図示の反射面にコーナーキューブミラー 3 5 A，3 5 B より戻され、そこで反射したそれぞれの反射光が同一光路を戻り、それぞれのダブルパス干渉計で受光され、それぞれのコーナーキューブミラー 3 5 A，3 5 B の基準位置（レファレンス位置で前記レチクルベース盤 2 5 上の反射面）からの相対変位が計測される。そして、これらのダブルパス干渉計の計測値がステージ制御装置 7 0（図 1 参照）に供給され、ステージ制御装置 7 0 により例えばその平均値に基づいてレチクルステージ R S T の Y 軸方向の位置が算出され

その算出結果が主制御装置 9 0 に供給されるようになっている。ダブルパス干渉計で計測される Y 軸方向位置の情報は、後述するウエハ側の測長軸 B I 2 Y を有する Y 軸干渉計 4 6 (図 3 参照) の計測値に基づくレチクルステージ R S T とウエハステージ W S T 1 (又は W S T 2) との相対位置の算出、及びこれに基づく走査露光時の走査方向 (Y 軸方向) のレチクルとウエハの同期制御に用いられる。

#### 【 0 0 3 1 】

すなわち、本実施形態では、測長軸 B I 6 X で示される干渉計及び測長軸 B I 7 Y, B I 8 Y で示される一対のダブルパス干渉計によって図 1 のレチクル干渉計システム 2 8 が構成されている。

#### 【 0 0 3 2 】

なお、レチクル R を構成するガラス基板の素材は、使用する光源によって使い分ける必要がある。例えば、光源として F<sub>2</sub> レーザ光源等の真空紫外光源を用いる場合には、ホタル石やフッ化マグネシウム、フッ化リチウム等のフッ化物結晶、あるいは水酸基濃度が 1 0 0 p p m 以下で、かつフッ素を含有する合成石英 (フッ素ドープ石英) などを用いる必要があり、A r F エキシマレーザ光源あるいは K r F エキシマレーザ光源を用いる場合には、上記各物質の他、合成石英を用いることも可能である。

#### 【 0 0 3 3 】

前記投影光学系 P L としては、ここでは、Z 軸方向の共通の光軸を有する複数枚のレンズエレメントから成り、両側テレセントリックで所定の縮小倍率、例えば 1 / 5、又は 1 / 4 を有する屈折光学系が使用されている。このため、ステップ・アンド・スキャン方式の走査露光時におけるウエハステージの走査方向の移動速度は、レチクルステージの移動速度の 1 / 5 又は 1 / 4 となる。

#### 【 0 0 3 4 】

前記ステージ装置は、図 1 に示されるように、ベース盤 1 2 の上方に配置された 2 つのウエハステージ W S T 1、W S T 2 と、これらのウエハステージ W S T 1、W S T 2 を駆動するステージ駆動系と、ウエハステージ W S T 1、W S T 2 の位置を計測する位置計測装置としての干渉計システムとを備えている。ウエハ

ステージW S T 1、W S T 2は、不図示の非接触ベアリング、例えば真空予圧型空気静圧軸受け（以下、「エアパッド」と呼ぶ）を介してベース盤1 2の上方に所定のクリアランスを介して浮上支持され、ステージ駆動系によって、第1軸方向としてのX軸方向（図1における紙面左右方向）及び第2軸方向としてのY軸方向（図1における紙面直交方向）に独立して2次元方向に駆動可能な構成となっている。

#### 【0035】

これを更に詳述すると、ウエハステージW S T 1、W S T 2の底面には不図示のエアパッドが複数ヶ所に設けられており、これらのエアパッドの空気噴き出し力と真空予圧力とのバランスにより例えば数 $\mu$ m程度の間隔を保った状態で、ベース盤1 2上に浮上支持されている。

#### 【0036】

ベース盤1 2上には、図3の平面図に示されるように、X軸方向に延びる一対のX軸リニアガイド（例えば、永久磁石を内蔵する磁極ユニットから成る）8 6、8 7がY軸方向に所定間隔を隔てて配置されている。これらのX軸リニアガイド8 6、8 7の上方には、当該各X軸リニアガイドに沿って移動可能な各2つのスライダ8 2、8 4及び8 3、8 5が不図示のエアパッドをそれぞれ介して例えば数 $\mu$ m程度のクリアランスを介して浮上支持されている。合計4つのスライダ8 2、8 4、8 3、8 5は、X軸リニアガイド8 6又は8 7を上方及び側方から囲むような断面逆U字状の形状を有し、その内部に電機子コイルをそれぞれ内蔵している。すなわち、本実施形態では、電機子コイルをそれぞれ内蔵するスライダ（電機子ユニット）8 2、8 4とX軸リニアガイド8 6とによって、ムービングコイル型のX軸リニアモータがそれぞれ構成され、同様にスライダ（電機子ユニット）8 3、8 5とX軸リニアガイド8 7とによって、ムービングコイル型のX軸リニアモータがそれぞれ構成されている。以下においては、上記4つのX軸リニアモータのそれぞれを、それぞれの可動子を構成するスライダ8 2、8 4、8 3、8 5と同一の符号を用いて、適宜、X軸リニアモータ8 2、X軸リニアモータ8 4、X軸リニアモータ8 3、及びX軸リニアモータ8 5と呼ぶものとする。



## 【 0 0 3 7 】

上記4つのX軸リニアモータ（スライダ）82～85のうちの2つ、すなわちX軸リニアモータ82、83は、Y軸方向に延びるY軸リニアガイド（例えば、電機子コイルを内蔵する電機子ユニットから成る）80の長手方向の一端と他端にそれぞれ固定されている。また、残り2つのX軸リニアモータ84、85は、Y軸方向に延びる同様のY軸リニアガイド81の一端と他端に固定されている。従って、Y軸リニアガイド80、81は、各一对のX軸リニアモータ82、83、84、85によって、X軸に沿ってそれぞれ駆動されるようになっている。

## 【 0 0 3 8 】

ウエハステージWST1の底部には、永久磁石を有する磁極ユニット（図示省略）が設けられており、この磁極ユニットと一方のY軸リニアガイド80とによって、ウエハステージWST1をY軸方向に駆動するムービングマグネット型のY軸リニアモータが構成されている。また、ウエハステージWST2の底部には、永久磁石を有する磁極ユニット（図示省略）が設けられており、この磁極ユニットと他方のY軸リニアガイド81とによって、ウエハステージWST2をY軸方向に駆動するムービングマグネット型のY軸リニアモータが構成されている。以下においては、適宜、これらのY軸リニアモータを、それぞれの固定子を構成するリニアガイド80、81と同一の符号を用いて、Y軸リニアモータ80、Y軸リニアモータ81と呼ぶものとする。

## 【 0 0 3 9 】

また、本実施形態では、前記X軸リニアモータ82～85及びY軸リニアモータ80、81のそれぞれは、図1に示されるステージ制御装置70によって制御される。

## 【 0 0 4 0 】

なお、一对のX軸リニアモータ82、83（又は84、85）がそれぞれ発生する推力を僅かに異ならせることで、ウエハステージWST1（又はWST2）のヨーイングの制御が可能である。

## 【 0 0 4 1 】

図1に戻り、前記ウエハステージWST1上には、基板保持部材としてのウエ

ハホルダH 1 が設けられている。このウエハホルダH 1 の上面には、図4 に示されるように、同心円で径の異なる凸部7 2 が複数形成されており、これらの凸部7 2 相互間に形成される溝部の底面に設けられた不図示の吸引孔を介して、不図示のパキュームポンプの真空吸引力によりウエハW 1 がウエハホルダH 1 上に吸着保持されるようになっている。

#### 【 0 0 4 2 】

また、図4 に示されるように、このウエハホルダH 1 の周辺部の所定位置（更に詳しくは、ウエハホルダH 1 の外側の四角形の頂点位置近傍）には、基準マークがそれぞれ形成された4 つの基準マーク板FM a, FM b, FM c, FM d がその表面とウエハW 1 の表面とが同一高さとなるように配置されている。これらの基準マーク板FM a, FM b, FM c, FM d は、基準マーク板保持部3 3 a, 3 3 b, 3 3 c, 3 3 d をそれぞれ介してウエハホルダH 1 に一体的に固定されている。すなわち、基準マーク板FM a, FM b, FM c, FM d とウエハホルダH 1 との位置関係が一定とされている。

#### 【 0 0 4 3 】

前記基準マーク板FM a 上面には、図4 に示されるように、一对の基準マークMa 1、Ma 2 がX 軸方向に所定間隔を隔てて形成されている。これらの基準マークMa 1、Ma 2 は、後述する2 眼一对のRA 顕微鏡4 1、4 2（図1 参照）の両眼で同時に計測が可能な位置に配置されている。これらの基準マークMa 1、Ma 2 が形成された基準マーク板FM a は、X 軸方向についてはほぼウエハW 1 上のショット領域の大きさを有し、Y 軸方向については、基準マークが描画可能な程度の大きさを有する平面視矩形の形状とされている。

#### 【 0 0 4 4 】

また、基準マーク板FM b 上には、Y 軸方向に所定間隔を隔てて3 つの基準マークMb 1、Mb 2、Mb 3 が形成されている。これらの基準マークMb 1、Mb 2、Mb 3 は、いわゆるベースライン計測時に行われるレチクルステージR S T とウエハステージW S T 1 のいわゆる干渉計のスケーリング計測、すなわち、相対スキャン動作時の位置合わせ確認を行うためのマークである。これらの基準マークMb 1、Mb 2、Mb 3 が形成された基準マーク板FM b は、Y 軸方向に

ついてウエハW 1 上のショット領域の大きさを有し、X 軸方向については、基準マークが描画可能な程度の大きさを有する平面視矩形の形状とされている。

【 0 0 4 5 】

また、残りの基準マーク板FM c, FM d 上には、基準マークM c, M d がそれぞれ形成されている。これらの基準マークM c, M d は、ウエハホルダH 1 の中心及びウエハホルダH 1 の回転等を最小自乗法により求める場合等に使用されるマークである。なお、上記各基準マーク板上に形成された各基準マークを用いた各種計測方法については後に詳述する。

【 0 0 4 6 】

この場合、基準マーク板FM a, FM b, FM c, FM d は、ウエハホルダH 1 の中心を含む四角形（ほぼ正方形）の頂点位置に設けられているため、その四角形の領域内（図 4 中の点線で囲まれた領域E A）にウエハW 1 のほぼ全面が含まれるようになっている。この理由については後述する。

【 0 0 4 7 】

ウエハステージW S T 1 の上面には、X 軸方向の一端（- X 側端）にX 軸に直交する反射面を有するX 移動鏡9 6 a がY 軸方向に延設され、Y 軸方向の一端（+ Y 側端）にY 軸に直交する反射面を有するY 移動鏡9 6 b がX 軸方向に延設されている。これらの移動鏡9 6 a, 9 6 b の各反射面には、図 2 及び図 3 に示されるように、後述する干渉計システムを構成する所定の測長軸を有する干渉計からの干渉計ビーム（測長ビーム）が投射され、その反射光を各干渉計で受光することにより、各移動鏡反射面の基準位置（一般には投影光学系P L 側面や、アライメント系の側面に固定ミラーを配置し、そこを基準面とする）からの変位が計測され、これにより、ウエハステージW S T 1 の2 次元位置が計測されるようになっている。

【 0 0 4 8 】

他方のウエハステージW S T 2 の構成は、左右対称ではあるが、上述したウエハステージW S T 1 と同様になっている。

【 0 0 4 9 】

すなわち、ウエハステージW S T 2 上には、図 1 に示されるように、基板保持

部材としてのウエハホルダH2を介して、ウエハW2が不図示のバキュームチャックを介して真空吸着されている。ウエハホルダH2は、基本的には、前述したウエハホルダH1と同様に構成されており、その周囲の部分に所定の位置関係、具体的にはほぼ正形状の四角形の各頂点の位置に、図2及び図3に示されるように、4つの基準マーク板FMa'、FMb'、FMc'、FMd'がそれぞれ配置され、基準マーク板保持部材をそれぞれ介してウエハホルダH2と一体化されている。これらの基準マーク板FMa'、FMb'、FMc'、FMd'の上面は、ウエハホルダH2上に載置されるウエハW2の表面と同じ高さとなるように設定されている。また、ウエハステージWST2の上面には、移動鏡96c、96dが延設されており、図2に示されるように、後述する干渉計システムを構成する所定の測長軸を有する干渉計からの干渉計ビームが投射され、その反射光を各干渉計で受光することにより、ウエハステージWST2の2次元位置が計測されるようになっている。

#### 【0050】

なお、図2及び図3に示されるように、ウエハステージWST2上の基準マーク板については、ウエハステージWST1上の基準マーク板と対応するものについて、ウエハステージWST1において付した符号に「'」を付して示されているので、基準マークについても、便宜上、以下の説明においては基準マーク板と同様に「'」を付して説明するものとする。

#### 【0051】

図1に戻り、前記投影光学系PLのX軸方向の両側には、同じ機能を持ったオフアクシス(off-axis)方式のアライメント系24a、24bが、投影光学系PLの光軸中心(レチクルパターン像の投影中心と一致)よりそれぞれ同一距離だけ離れた位置に設置されている。これらのアライメント系24a、24bとしては、ここでは、ウエハ上のレジストを感光させないブロードバンドな検出光束を対象マークに照射し、その対象マークからの反射光により受光面に結像された対象マークの像と不図示の指標の像とを撮像素子(CCD)等を用いて撮像し、それらの撮像信号を出力する画像処理方式のFIA(Filed Image Alignment)系の顕微鏡が用いられている。これらのアライメント系24a、24bの出力に基

づき、基準マーク板上の基準マーク及びウエハ上のアライメントマークのX、Y 2次元方向の位置計測を行なうことが可能である。

#### 【0052】

なお、アライメント系24a、24bとして、FIA系のみでなく、例えばコヒーレントな検出光を対象マークに照射し、その対象マークから発生する散乱光又は回折光を検出したり、その対象マークから発生する2つの回折光（例えば同次数）を干渉させて検出するアライメントセンサを単独であるいは適宜組み合わせ用いることは勿論可能である。

#### 【0053】

本実施形態では、アライメント系24aは、ウエハステージWST1上に保持されたウエハW1上のアライメントマーク及びウエハステージWST1上の各基準マーク板上に形成された基準マークの位置計測等に用いられる。また、アライメント系24bは、ウエハステージWST2上に保持されたウエハW2上のアライメントマーク及びウエハステージWST2上の各基準マーク板上に形成された基準マークの位置計測等に用いられる。

#### 【0054】

これらのアライメント系24a、24bからの情報は、アライメント制御装置60によりA/D変換され、デジタル化された波形信号を演算処理してマーク位置、すなわちアライメント系24a、24bそれぞれの指標中心を基準とする検出対象マークの位置情報が検出される。アライメント制御装置60から検出結果が主制御装置90に送られ、主制御装置90によって、その検出結果に応じてステージ制御装置70に対し露光時の同期位置補正等が指示されるようになっている。

#### 【0055】

次に、ウエハステージWST1、WST2の位置を管理する干渉計システムの構成等について、図1～図4を参照しつつ説明する。

#### 【0056】

これらの図に示されるように、投影光学系PLの投影中心（光軸AX）とアライメント系24a、24bのそれぞれの検出中心（光軸SXa、SXb）とを通

る第1軸（X軸）に沿ってウエハステージWST1上面のX軸方向一侧に設けられた移動鏡96aには、図1のX軸干渉計16からの測長軸BI1Xで示される干渉計ビームが照射され、同様に、第1軸に沿ってウエハステージWST2上面のX軸方向他側に設けられた移動鏡96cには、図1のX軸干渉計18からの測長軸BI2Xで示される干渉計ビームが照射されている。そして、干渉計16、18ではこれらの反射光を受光することにより、各反射面の基準位置からの相対変位を計測し、ウエハステージWST1、WST2のX軸方向位置を計測するようになっている。ここで、干渉計16、18は、図2に示されるように、各3本の光軸を有する3軸干渉計であり、ウエハステージWST1、WST2のX軸方向の計測以外に、Y軸回りの回転量（ローリング量）及びZ軸回りの回転量（ヨーイング量）の計測が可能となっている。各光軸の出力値は独立に計測できるようになっている。なお、これまでの説明では、ウエハステージWST1、WST2は、ともに単一のステージであるかのような説明を行ったが、ウエハステージWST1、WST2は、実際には、Y軸モータ80、81によってそれぞれ駆動されるステージ本体と、該ステージ本体の上部に不図示のZ・レベリング駆動機構を介して搭載されたウエハテーブルとを、ともに備えている。そして、移動鏡は、ウエハテーブルにそれぞれ固定されている。従って、ウエハWが載置されたウエハテーブルのチルト制御時の駆動量は全て、干渉計16、18等によりモニタする事ができる。

## 【0057】

上述の如く、ウエハステージWST1、WST2はともにステージ本体、ウエハテーブル等複数の構成部分によって構成されているが、以下においては、説明の便宜上から、ウエハステージWST1、WST2は、Z軸回りの回転方向 $\theta_z$ 方向除く5自由度方向に移動可能な単一のステージであるものとして説明する。

## 【0058】

なお、測長軸BI1X、測長軸BI2Xの各干渉計ビームは、ウエハステージWST1、WST2の移動範囲の全域で常にウエハステージWST1、WST2の移動鏡96a、96cに当たるようになっており、従って、X軸方向については、投影光学系PLを用いた露光時、アライメント系24a、24bの使用時等

いずれのときにもウエハステージW S T 1、W S T 2 の位置は、測長軸B I 1 X、測長軸B I 2 Xの計測値に基づいて管理される。

#### 【 0 0 5 9 】

また、本実施形態では、図 2 及び図 3 に示されるように、投影光学系P Lの投影中心でX軸と垂直に交差する測長軸B I 2 Yを有するY軸干渉計4 6と、アライメント系2 4 a、2 4 bのそれぞれの検出中心でX軸とそれぞれ垂直に交差する測長軸B I 1 Y、B I 3 Yをそれぞれ有するY軸干渉計4 4、4 8とが設けられている

#### 【 0 0 6 0 】

この場合、投影光学系P Lを用いた露光時のウエハステージW S T 1、W S T 2のY方向位置計測には、投影光学系P Lの投影中心、すなわち光軸A Xを通過する測長軸B I 2 Yの干渉計4 6の計測値が用いられ、アライメント系2 4 aの使用時のウエハステージW S T 1のY方向位置計測には、アライメント系2 4 aの検出中心、すなわち光軸S X aを通過する測長軸B I 1 Yの干渉計4 4の計測値が用いられ、アライメント系2 4 b使用時のウエハステージW S T 2のY方向位置計測には、アライメント系2 4 bの検出中心、すなわち光軸S X bを通過する測長軸B I 3 Yの干渉計4 8の計測値が用いられる。

#### 【 0 0 6 1 】

従って、各使用条件により、Y軸方向の干渉計測長軸がウエハステージW S T 1、W S T 2 上面に設けられた移動鏡9 6 b、9 6 dの反射面より外れることとなるが、少なくとも一つの測長軸、すなわち前述した測長軸B I 1 X、B I 2 XはそれぞれのウエハステージW S T 1、W S T 2の移動鏡9 6 a、9 6 cから外れることがないので、使用する干渉計光軸が反射面上に入った適宜な位置でY側の干渉計のリセットを行なうことができる。

#### 【 0 0 6 2 】

なお、上記Y計測用の各干渉計4 4、4 6、4 8は、図 2 に示されるように、各 2 本の光軸を有する 2 軸干渉計であり、ウエハステージW S T 1、W S T 2のY軸方向の計測以外に、X軸回りの回転量（ピッチング量）の計測が可能となっている。各光軸の出力値は独立に計測できるようになっている。

## 【0063】

本実施形態では、2つのX軸干渉計16、18及び3つのY軸干渉計44、46、48の合計5つの干渉計によって、ウエハステージWST1、WST2の2次元座標位置を管理する干渉計システムが構成されている。

## 【0064】

また、本実施形態では、後述するように、ウエハステージWST1、WST2の内的一方が露光シーケンスを実行している間、他方はウエハ交換、ウエハアライメントシーケンスを実行するが、この際に両ステージの干渉がないように、各干渉計の出力値に基づいて主制御装置90の指令に応じてステージ制御装置70により、ウエハステージWST1、WST2の移動が管理されている。

## 【0065】

さらに、本実施形態の露光装置10では、図1に示されるように、レチクルRの上方に、投影光学系PLを介してレチクルR上のレチクルマークRM1、RM2と基準マーク板のマークとを同時に観察するための露光波長を用いたTTR (Through The Reticle) アライメント光学系から成る一対のレチクルアライメント顕微鏡（以下、便宜上「RA顕微鏡」と呼ぶ）41、42が設けられている。これらのRA顕微鏡41、42の検出信号は、アライメント制御装置60を介して、主制御装置90に供給されるようになっている。この場合、レチクルRからの検出光をそれぞれRA顕微鏡41及び42に導くための偏向ミラー31及び32が移動自在に配置され、露光シーケンスが開始されると、主制御装置90からの指令のもとで、不図示のミラー駆動装置によりそれぞれ偏向ミラー31及び32が待避される。なお、RA顕微鏡41、42と同等の構成は、例えば特開平7-176468号公報等の開示されており、公知であるからここでは詳細な説明は省略する。

## 【0066】

また、図示が省略されているが、投影光学系PL、アライメント系24a、24bのそれぞれには、合焦位置を調べるためのオートフォーカス／オートレベリング計測機構（以下、「AF／AL系」という）が設けられている。この内、投影光学系PLに設けられたAF／AL系は、ウエハWの露光面が投影光学系PL



の像面の焦点深度の範囲内に合致しているかどうか（合焦しているかどうか）を検出するために設けられているものである。これは、スキャン露光によりレチクルR上のパターンをウエハ（W1又はW2）上に正確に転写するには、レチクルR上のパターン形成面とウエハWの露光面とが投影光学系PLに関して常に共役になっていることが必要なためである。本実施形態では、このAF/AL系として、例えば特開平6-283403号公報などに開示される、いわゆる多点焦点位置検出系が使用されている。

#### 【0067】

また、アライメント系に設けられたAF/AL系も同様に構成されており、アライメント系24a、24bによるアライメントセンサの計測時に、露光時と同様のAF/AL系の計測、制御によるオートフォーカス/オートレベリングを実行しつつアライメントマークの位置計測を行なうことにより、高精度なアライメント計測が可能になる。

#### 【0068】

露光装置10の制御系は、図1に示されるように、マイクロコンピュータ（又はワークステーション）などから成り、装置全体を統括的に制御する制御装置としての主制御装置90及びこの主制御装置90の配下にあるステージ制御装置70、アライメント制御装置60等を中心として構成されている。

#### 【0069】

次に、図1に示される制御系の構成各部の動作を中心に本実施形態に係る露光装置10における2つのウエハステージWST1、WST2上における同時並行処理について、ウエハアライメント動作を中心として説明する。

#### 【0070】

ここでは、図2に示されるように、ウエハステージWST2側でウエハW2に対して露光動作が行われ、これと並行してウエハステージWST1側でウエハW1のアライメント動作が行われる場合から説明を開始する。なお、ウエハW1、W2の表面には、不図示ではあるが、X方向、Y方向に所定ピッチで多数のショット領域（区画領域）が形成されており、各ショット領域にはそれまでの半導体製造工程によって所定の回路パターンと、アライメント用のX軸ウエハマーク及

び Y 軸 ウエハマークとがそれぞれ形成されているものとする。以下においては、これら各ウエハマークを「アライメントマーク」と総称するものとする。

【 0 0 7 1 】

a. まず、ウエハステージ W S T 2 側では、ウエハ W 1 に対して次のようにして露光が行われる。すなわち、ステージ制御装置 7 0 では、主制御装置 9 0 から後述するウエハ W 1 に対するアライメント動作と同様にして事前に行われたアライメント結果に基づいて与えられる指令に応じ、干渉計システムの測長軸 B I 2 Y を有する干渉計 4 6 と測長軸 B I 2 X を有する干渉計 1 8 の計測値をモニタしつつ、X 軸リニアモータ 8 4, 8 5 及び Y 軸リニアモータ 8 1 を制御してウエハ W 2 の第 1 ショットの露光のための走査開始位置にウエハステージ W S T 2 を移動する。

【 0 0 7 2 】

b. 次に、ステージ制御装置 7 0 では、主制御装置 9 0 の指示に応じてレチクル R とウエハ W 2、すなわちレチクルステージ R S T とウエハステージ W S T 2 との Y 軸方向の相対走査を開始し、両者 R S T、W S T 2 がそれぞれの目標走査速度に達し、等速同期状態に達すると、照明系 2 0 からの紫外パルス光によってレチクル R のパターン領域が照明され始め、走査露光が開始される。上記の相対走査は、ステージ制御装置 7 0 が、前述した干渉計システムの測長軸 B I 2 Y、B I 2 X をそれぞれ有する干渉計 4 6、1 8 の計測値、及びレチクル干渉計システム 2 8 の測長軸 B I 7 Y、B I 8 Y、B I 6 X をそれぞれ有する干渉計の計測値をモニタしつつ、レチクル駆動部及び X 軸リニアモータ 8 4, 8 5、Y 軸リニアモータ 8 1 を制御することにより行われる。

【 0 0 7 3 】

c. この走査露光の開始に先立って、両ステージ R S T、W S T 2 がそれぞれの目標走査速度に達した時点で、主制御装置 9 0 では、不図示のレーザ制御装置に指示してパルス発光を開始させているが、ステージ制御装置 7 0 によって不図示のブラインド駆動装置を介して照明系 2 0 内の可動レチクルブラインドの所定のブレードの移動がレチクルステージ R S T の移動と同期制御されている。これにより、レチクル R 上のパターン領域外への紫外パルス光の照射が遮光されるこ

とは、通常のスキャニング・ステッパと同様である。

【 0 0 7 4 】

d. ステージ制御装置 7 0 は、レチクル駆動部及び X 軸リニアモータ 8 4, 8 5、Y 軸リニアモータ 8 1 を介してレチクルステージ R S T 及びウエハステージ W S T 2 を同期制御する。その際、特に上記の走査露光時には、レチクルステージ R S T の Y 軸方向の移動速度  $V_r$  とウエハステージ W S T 2 の Y 軸方向の移動速度  $V_w$  とが、投影光学系 P L の投影倍率 ( $1/4$  倍あるいは  $1/5$  倍) に応じた速度比に維持されるように同期制御を行う。

【 0 0 7 5 】

e. そして、レチクル R のパターン領域の異なる領域が紫外パルス光で逐次照明され、パターン領域全面に対する照明が完了することにより、ウエハ W 2 上の第 1 ショットの走査露光が終了する。これにより、レチクル R のパターンが投影光学系 P L を介して第 1 ショットに縮小転写される。

【 0 0 7 6 】

f. また、不図示のブラインド駆動装置では、ステージ制御装置 7 0 からの指示に基づき、走査露光終了の直後のレチクル R 上のパターン領域外への紫外パルス光の照射を遮光すべく、可動レチクルブラインドの所定のブレードの移動をレチクルステージ R S T の移動と同期制御するようになっている。

【 0 0 7 7 】

g. 上述のようにして、第 1 ショットの走査露光が終了すると、主制御装置 9 0 からの指示に基づき、ステージ制御装置 7 0 により、X 軸リニアモータ 8 4, 8 5 及び Y 軸リニアモータ 8 1 を介してウエハステージ W S T 2 が X、Y 軸方向にステップ移動され、第 2 ショットの露光のための走査開始位置に移動される。このステッピングの際に、ステージ制御装置 7 0 では干渉計システムの測長軸 B I 2 Y、測長軸 B I 2 X をそれぞれ有する干渉計 4 6、1 8 の計測値に基づいてウエハステージ W S T 2 の X、Y、 $\theta_z$  方向の位置変位をリアルタイムに計測する。この計測結果に基づき、ステージ制御装置 7 0 では、ウエハステージ W S T 2 の X Y 位置変位が所定の状態になるようにウエハステージ W S T 2 の位置を制御する。また、ステージ制御装置 7 0 ではウエハステージ W S T 2 の  $\theta_z$  方向の

変位の情報に基づいてレチクル駆動部を制御し、そのウエハ側の回転変位の誤差を補償するようにレチクルステージ R S T（レチクル微動ステージ）を回転制御する。

## 【 0 0 7 8 】

h. そして、主制御装置 9 0 の指示に応じて、ステージ制御装置 7 0、不図示のレーザ制御装置により、上述と同様に各部の動作が制御され、ウエハ W 2 上の第 2 ショットに対して上記と同様の走査露光が行われる。

## 【 0 0 7 9 】

i. このようにして、ウエハ W 2 上のショットの走査露光と次ショット露光のためのステッピング動作とが繰り返し行われ、ウエハ W 2 上の露光対象ショットにレチクル R のパターンが順次転写される。

## 【 0 0 8 0 】

なお、上記走査露光中にウエハ上の各点に与えられるべき積算露光量の制御は、主制御装置 9 0 により、ステージ制御装置 7 0 又は不図示のレーザ制御装置を介して、不図示の光源の発振周波数（パルス繰り返し周波数）、光源から出力される 1 パルス当たりのパルスエネルギー、照明系 2 0 内の減光部の減光率、及びウエハステージとレチクルステージとの走査速度の少なくとも 1 つを制御することにより行われる。

## 【 0 0 8 1 】

更に、主制御装置 9 0 では、例えば、走査露光時にレチクルステージとウエハステージの移動開始位置（同期位置）を補正する場合、各ステージを移動制御するステージ制御装置 7 0 に対して補正量に応じたステージ位置の補正を指示する。

## 【 0 0 8 2 】

上記 a. ～ i. のようにして、ウエハ W 2 に対してステップ・アンド・スキャン方式で露光が行われるのと並行して、ウエハステージ W S T 1 側では、次のようにしてウエハ W 1 のアライメント動作が行われる。

## 【 0 0 8 3 】

(1) 前提として、ウエハ W 1 の載置されたウエハステージ W S T 1 が、アライ

メント系24aの下方に位置しているものとする(図2参照)。このとき、図2に示されるように、ウエハステージWST1の位置は、測長軸BI1Y、BI1Xをそれぞれ有する干渉計44、16によって計測され、測長軸BI1Y、BI1Xで規定されるアライメント系24aを原点とするアライメント時座標系上で計測され管理されている。ここで、計測される位置情報は、ステージ制御装置70を介して主制御装置90に供給される。

## 【0084】

(2) 次に、主制御装置90では、ウエハホルダH1近傍に設けられた4つの基準マーク板FMa~FMdに形成された各基準マークのうち、4つの基準マークMa1、Mb2、Mc、Mdを、順次アライメント系24aの検出視野内に位置決めするように、ステージ制御装置70を介してウエハステージWST1の移動を制御する。これにより、位置決めの都度、基準マークMa1、Mb2、Mc、MdのX方向、Y方向の位置ずれ量(アライメント系24a内部の指標マークに対する位置ずれ量)がアライメント系24aを介してアライメント制御装置60によって計測され、その計測結果が主制御装置90に送られる。主制御装置90では、各基準マークの位置ずれ量とそれぞれの計測時のウエハステージWST1の位置情報(干渉計44、16の計測値)とに基づいて、上記アライメント時座標系における基準マークMa1、Mb2、Mc、Mdの座標値を求め、メモリに記憶する。

## 【0085】

(3) 次に、主制御装置90では、上記の基準マークMa1、Mb2、Mc、Mdの座標値を求めたときと全く同様にして、ウエハW1上の少なくとも3つのショット領域(正確には、前述した図4に示される四角形の領域EAの内部に含まれる少なくとも3つのショット領域)それぞれに設けられた各アライメントマークのX方向、Y方向の位置ずれ量の計測、それぞれの計測時のウエハステージWST1の座標(干渉計16、44により計測される)より、アライメント時座標系上での、各アライメントマークのX座標、Y座標を算出する。

## 【0086】

(4) 次に、主制御装置90では、上で計測したウエハホルダH1近傍の基準マ

ーク  $M a 1$ ,  $M b 2$ ,  $M c$ ,  $M d$  の座標より、最小自乗法によってウエハホルダ  $H 1$  の中心座標及び回転角  $\theta 1$  を算出して、その中心座標を原点とする  $X Y$  直交座標系を角度  $\theta 1$  だけ回転させたウエハホルダ  $H 1$  の座標系（以下、「ホルダ座標系」と呼ぶ）を決定する。

## 【0087】

(5) その後、主制御装置 90 では、ウエハ  $W 1$  上のアライメントマークのアライメント時座標系上での座標（実測値）を、ホルダ座標系上における座標に変換し、変換後の座標を用いて例えば特開平 4-47968 号公報などに開示されるように、エンハンスト・グローバル・アライメント（EGA）方式の統計処理のモデル式を用いてウエハ  $W 1$  上の  $i$  番目のショット領域の配列座標（ $X i$ ,  $Y i$ ）を決定する。

## 【0088】

ここで、ホルダ座標系を決定するための基準マーク  $M a 1$ ,  $M b 2$ ,  $M c$ ,  $M d$  により規定される四角形の領域  $E A$  の内部に属するショット領域のアライメントマークが選択され、かつ計測されているため、これらアライメントマークの位置座標をホルダ座標系上の座標に変換しても、信頼性の高いものとして取り扱うことができる。従って、それらの座標値から決定される配列座標（ $X i$ ,  $Y i$ ）は信頼性が高い。すなわち基準マーク  $M a 1$ ,  $M b 2$ ,  $M c$ ,  $M d$  の計測誤差と同程度の誤差しか含まないと考えられる。

## 【0089】

上記の配列座標（ $X i$ ,  $Y i$ ）は、ウエハホルダ  $H 1$  に対するウエハ  $W 1$  の各ショット領域の相対位置情報でもあり、その配列座標（ $X i$ ,  $Y i$ ）は主制御装置 90 内のメモリに記憶される。なお、本実施形態では  $X$  軸及び  $Y$  軸に対してウエハホルダ  $H 1$  の回転誤差が残存することを前提としているので、ウエハホルダ  $H 1$  の座標系が  $X$  軸及び  $Y$  軸に対して回転することになる。

## 【0090】

また、アライメント系 24 a は、非露光波長の広帯域（ブロードバンド）のアライメント光を用いているため、基準マーク  $M a 1$ ,  $M b 2$ ,  $M c$ ,  $M d$ 、及びアライメントマークは共に高精度に計測される。なお、ウエハホルダ  $H 1$  の中心

及び回転角を迅速に計測するためには、2次元の基準マークについて少なくとも1個の基準マークと、別の1個の基準マークのX軸マーク又はY軸マークを計測するだけでも良い。但し、計測する基準マークの個数が増加する程、平均化効果を得られると共に、ウエハホルダH1のスケーリング（伸縮）も考慮できるようになって高い精度が得られる。同様に、アライメントマークについても、最小限であれば、3個の1次元のアライメントマークの位置を計測するだけでも良いが、スケーリング（X方向及びY方向）や直交度誤差等も考慮するためには、計測するショット領域の個数を例えば3個以上として、計測するアライメントマークの個数を1次元のアライメントマークに換算して6個以上にすることが望ましい。

#### 【0091】

上記のウエハステージWST1上のウエハW1に対するアライメント動作は、ウエハステージWST2側の前述したウエハW2に対する露光動作より先に終了し、ウエハステージWST1は、待機状態となる。

#### 【0092】

(6) そして、ウエハW2に対する露光動作が終了すると、主制御装置90では、ウエハW1を露光するため、図1に示されるように、ウエハステージWST1を投影光学系PLの下方に移動することとなる。しかし、図2及び図3から容易に想像されるように、この移動の途中で、測長軸BI1Yで示される干渉計ビームが移動鏡96bから外れ、ウエハステージWST1のY軸方向の位置計測が不可能となる。そこで、主制御装置90では、次のような工夫をして、ウエハステージWST1を投影光学系PLの下方に移動する。すなわち、主制御装置90では、基準マークMa1, Mb2, Mc, Mdのいずれか、例えば基準マークMa1がアライメント系24aの視野内に位置する位置まで、ステージ制御装置70及びX軸リニアモータ82, 83及びY軸リニアモータ80を介してウエハステージWST1を一旦移動する。次いで、主制御装置90では、ウエハステージWST1がY軸方向に関して静止した状態となるように、ステージ制御装置70を介してY軸リニアモータ80をそのときのY位置を目標値としてサーボ制御すると同時に、ウエハステージWST1が予め求めた検出中心SXaと光軸AXとの

距離だけ+X方向に移動するように、測長軸B I 1 Xを有する干渉計16の計測値をモニタしつつ、ステージ制御装置70を介してX軸リニアモータ82、83を駆動する。これにより、ウエハステージW S T 1が+X方向に移動し、このウエハステージW S T 1の移動により、アライメント系24 aの直下に位置していた基準マークM a 1が投影光学系P Lの直下に位置することとなる。勿論、このウエハステージW S T 1の移動と並行して、主制御装置90では、上記のウエハステージW S T 1側の移動と同様にして、ステージ制御装置70を介してウエハステージW S T 2をアライメント系24 b下方のウエハ交換位置まで移動しており、アライメント系24 bでウエハステージW S T 2上のいずれかの基準マークを検出可能となる直前に測長軸B I 3 Yを有する干渉計48をリセットしている。

## 【0093】

(7) その後、主制御装置90では、図1に示されるように、レチクルマークR M 1, R M 2それぞれの上方にミラー31、32をそれぞれ移動し、R A顕微鏡41、42からの露光波長のアライメント光をレチクルマークR M 1, R M 2にそれぞれ照射し、レチクルマークR M 1, R M 2の周囲を通過したアライメント光で投影光学系P Lを介して基準マークM a 1, M a 2をそれぞれ照射する。これにより、基準マーク板F M a上の基準マークM a 1, M a 2と対応するレチクルマークR M 1, R M 2の像の相対位置の検出がアライメント制御装置60によって行われ、その検出結果が主制御装置90に供給される。ここで、上記の相対位置の検出に先立って、測長軸B I 2 Yで示される干渉計ビームが移動鏡96 bの反射面に当たるようになったいずれかの時点で干渉計46はリセットされており、その時点以後、ウエハステージW S T 1の位置は、測長軸B I 2 Y、B I 1 Xで規定される投影光学系P Lの光軸を原点とするX Y座標系（以下、「露光時座標系」と呼ぶ）上で管理されている。

## 【0094】

(8) 従って、主制御装置90では、上記の相対位置検出の結果と、そのときの測長軸B I 2 Y、B I 1 Xをそれぞれ有する干渉計46、16の計測値とに基づいて、露光時座標系における基準マーク板F M a上のマークM a 1, M a 2の座



標位置と、レチクルR上のマークRM1, RM2のウエハ面上投影座標位置を算出し、両者の差により露光位置（投影光学系PLの投影中心）と基準マーク板FMa上の基準マークMa1, Ma2の座標位置との位置関係、すなわち位置ずれ量を求める。

## 【0095】

この場合、レチクルマークRM1及びRM2の像の中心が露光中心で、かつこれらの像の中心を通る直線のX軸に対する傾斜角がレチクルパターンの像の傾斜角となっている。ここでは、予めその傾斜角がほぼ0になるように、レチクルステージRSTの回転角が補正されているものとする。

## 【0096】

なお、主制御装置90では、上記の露光位置（投影光学系PLの投影中心）と基準マーク板FMa上の基準マークMa1, Ma2の座標位置との位置関係の計測に加え、基準マーク板FMb上の基準マークMb1～Mb3とレチクル上に形成されたレチクルマークとを相対移動させ、これを一方のレチクルアライメント顕微鏡の一眼41（又は42）を用いて計測し、レチクルステージRSTの干渉計とウエハステージWST1の干渉計のスケーリング合わせ、すなわち、相対スキャン動作時のレチクルRとウエハW1のスキャン移動距離合わせをも行うこととしても良い。

## 【0097】

(9) その後、主制御装置90では、基準マークMa1, Ma2のX座標、Y座標を用いて、露光時座標系に対する、前述したホルダ座標系のX方向、Y方向へのオフセット、及び回転角 $\theta_2$ を算出する。そして、主制御装置90では、そのオフセット、及び回転角 $\theta_2$ の情報と、上記の工程で記憶してあるホルダ座標系上でのウエハW1の各ショット領域の配列座標( $X_i, Y_i$ )とを用いて、露光時座標系におけるウエハW1の各ショット領域の配列座標( $X_{Ai}, Y_{Ai}$ )を算出する。この配列座標( $X_{Ai}, Y_{Ai}$ )を用いると、ウエハW1上の各ショット領域の中心と、レチクルRのパターンの像の中心とを高精度に合致させることができる。その後、主制御装置90により、ミラー31, 32が露光光ILの光路外に待避され、その後、前述したウエハW2に対する露光と同様にしてウエ

ハステージW S T 1 上ではウエハW 1 に対する露光が行われる。

【 0 0 9 8 】

なお、前述のようにオフセットのみ、あるいはそれに加えて回転角を算出する代わりに、R A顕微鏡4 1, 4 2の一方を用いて少なくとも3つの基準マークを検出して、レチクルマークに対する各基準マークの位置ずれ量が零又は所定値となるときの座標系（露光座標系）上でのウエハステージ（基準マーク）のX座標、Y座標を求め、例えば上記のE G A方式を適用して、その座標系上での各ショット領域の配列座標を算出しても良い。すなわち、基準マーク毎に露光時座標系上での座標値と、ホルダ座標系上での座標値とをE G A方式のモデル式に代入し、最小自乗法などによってその誤差パラメータを算出しても良い。そして、その誤差パラメータが算出されたモデル式に、ホルダ座標系上での各ショット領域の配列座標を代入することで、露光時座標系上での各ショット領域の配列座標を算出するようにしても良い。

【 0 0 9 9 】

このように、ホルダ座標系上でのウエハW 1の各ショット領域の配列座標（X A i, Y A i）が、信頼度の高いものであるため、結果的にレチクルRのパターン像に対してウエハW 1上の各ショット領域が精度良く重ね合わせられることとなる。即ち、本実施形態の露光装置によれば、高いアライメント精度（重ね合わせ精度）が得られるようになっている。

【 0 1 0 0 】

一方、ウエハステージW S T 2 上では、上記のウエハステージW S T 1 側でウエハW 1 に対する露光が行われるのと並行して、アライメント系2 4 bの下方のウエハ交換位置で不図示のウエハ交換装置によりウエハ交換が行われ、その交換後のウエハ（便宜上「ウエハW'」と呼ぶ）に対して、前述と同様の手順でアライメント動作が行われる。

【 0 1 0 1 】

そして、ウエハW 1 に対する露光動作が終了した時点で、ウエハステージW S T 1 が図2に示される位置（アライメント系2 4 aの下方）に移動するとともに、ウエハ交換装置によるウエハ交換及び前述したアライメント動作が行われ、ウ

エハステージWST2が投影光学系PLの下方に移動し、ウエハW'に対して露光が行われる。このように、本実施形態では、一方のウエハステージWST1（又はWST2）上のウエハに対する露光動作と並行して、他方のウエハステージWST2（又はWST1）上ではウエハ交換、アライメント動作が行われるので、高いスループットを実現することができる。

#### 【0102】

以上、詳細に説明したように、本実施形態の露光装置10では、ウエハステージWST1（又はWST2）上において、ウエハホルダH1（又はH2）との位置関係が一定となるように、使用される計測シーケンス毎に複数の基準マークMa1～Md（又はMa1'～Md'）が分散して配置された4つの基準マーク板FMa～FMd（又はFMa'～FMd'）が、ウエハホルダの周辺に設けられている。また、主制御装置90により、アライメント系24a（又は24b）を用いて各基準マークの位置情報を検出する検出動作を含む各種計測シーケンスが実行されるので、計測に関する機能を維持することができる。また、使用される計測シーケンス毎に複数の基準マークが、基準マーク板FMa～FMdに分散して配置されているため、ウエハステージ上の僅かなスペースに基準マーク板を設けることができる（図4参照）。従って、ウエハステージの小型化、ひいては装置のフットプリントの縮減を図ることが可能となる。

#### 【0103】

また、ウエハホルダH1（又はH2）の中心を含む四角形の各頂点位置の近傍に位置するように基準マークMa1～Md（又はMa1'～Md'）が配置されている。このため、基準マーク間の間隔（距離）を十分大きくとることができ、計測スパンの制約を緩和することができ、これにより計測精度の向上を図ることができる。また、基準マークで囲まれる四角形の領域の内部にウエハホルダH1（又はH2）の中心が存在するので、基準マークの位置の計測結果に基づいてウエハホルダの中心を求める場合、その中心点は基準マーク位置のいわば内挿点に相当する。従って、主制御装置90が、アライメント系と干渉計とを用いてウエハステージ上に設けられた各基準マークの位置情報を検出し、その位置情報に基づいて所定の演算を行なうことにより、ウエハホルダの中心を原点とするホルダ

座標系をある程度高い信頼度で求めることができる。また、主制御装置 9 0 では、アライメント系と干渉計とを用いてウエハ上の前記四角形の内部に存在するアライメントマークの位置情報を、アライメント時座標系上で求め、これをホルダ座標系における位置情報に変換することにより、例えば、干渉計によるウエハステージの位置計測が不可能となり、ウエハステージの位置が一時的に管理できなくなった場合であっても、新たな座標系（露光時座標系）上で基準マークを再度計測することにより、その計測結果とホルダ座標系における位置情報とに基づいて新たな座標系上でアライメントマークの位置情報を高い信頼性で求めることができる。従って、ウエハステージの大型化及び装置のフットプリントの拡大を招くことなく、ウエハの位置を常に精度良く管理することができる。

#### 【 0 1 0 4 】

また、ウエハステージ W S T 1、W S T 2 の位置は、干渉計によりアライメント時座標系、露光時座標系等の直交座標系上で管理されており、複数の基準マーク板には、直交座標系上の X 軸方向に複数の基準マークが形成された X 軸方向に細長く伸びる第 1 マーク板（F M a、F M a'）と、Y 軸方向に複数の基準マークが配置された Y 軸方向に細長く伸びる第 2 マーク板（F M b、F M b'）とが含まれている。このため、多数存在する基準マークを、それらの使用態様に応じて分散することで、その機能を維持しつつ、1 つ 1 つの基準マーク板の小型化、ひいては基準マーク板が配置されるウエハステージの小型化を図ることが可能となっている。

#### 【 0 1 0 5 】

なお、上記実施形態では、各基準マークが、基板保持部材の周辺に設けられた基準マーク板（F M a ～ F M d、F M a' ～ F M d'）上に形成された場合について説明したが、これは加工の際に要求される精度（線幅及び平坦度等）を容易に確保するために、このようにしたものであるが、これに限らず、基準マークをウエハステージ上に直接形成しても良く、あるいはウエハホルダに形成しても良い。

#### 【 0 1 0 6 】

また、上記実施形態では、複数の基準マークを検出して得られる座標値（計測

値) からホルダ座標系を決定したが、その得られた複数の座標値を用いて、例えばEGA方式によって各基準マークの座標値を算出し、この計算値からホルダ座標系を決定しても良いし、あるいはEGA方式で座標値を算出するのに用いるモデル式の誤差パラメータを算出した時点で得られるパラメータ、例えばオフセット及び回転誤差からホルダ座標系を決定しても良い。また、オフ・アクシス方式のアライメント系24a, 24bによって少なくとも1つの基準マークを検出して得られる座標値と、少なくとも3つのショット領域でアライメントマークをそれぞれ検出して得られる座標値とを用いて、EGA方式によって基準マーク及び各ショット領域の座標値を算出し、その少なくとも1つの基準マークをRA顕微鏡41, 42で検出して得られる座標値と先に算出した座標値との偏差に基づいて、先に算出した各ショット領域の座標値を補正して前述の配列座標( $X_i$ ,  $Y_i$ )を決定しても良い。

#### 【0107】

なお、上記実施形態においては、ウエハステージWST1をアライメント系24aの下方(図2に示される状態)から投影光学系PLの下方(図1に示される状態)に移動する際(あるいはウエハステージWST2をアライメント系24bの下方(図1に示される状態)から投影光学系PLの下方(図2に示される状態)に移動する際)に、ウエハホルダとウエハ、延いては基準マーク板とウエハとの相対位置関係はできるだけ変化しないことが望ましい。そこで、ウエハステージWST1(又はWST2)のウエハホルダ及び基準マーク板が載置される部分に、ヒータやペルチェ素子等の加熱及び冷却素子、並びにサーミスタ等の測温素子よりなる温度制御装置を設け、この温度制御装置によってウエハホルダ、ウエハ及び基準マーク板の温度を一定に維持するようにしても良い。

#### 【0108】

なお、基準マークを計測シーケンスに応じて分散する方法としては、上記実施形態に示した方法と異なる分散方法を採用することも勿論可能である。

#### 【0109】

また、上記実施形態では、基準マーク板をウエハホルダの周辺に4つ設けるものとしたが、本発明がこれに限定されるものではなく、図5及び図6に示される

ような配置方法を採用することも可能である。以下、図5、図6に基づいて基準マークの配置の変形例について説明する。

#### 【0110】

図5には、第1変形例に係るウエハステージWST' が示されている。この図5からも分かるように、ウエハステージWST' 上のウエハホルダの周辺には3つの基準マーク板FMe, FMf, FMgが設けられている。これら3つの基準マーク板FMe, FMf, FMgは、ウエハホルダの中心Hc' を内部に有する三角形EA' のほぼ頂点位置に配置されている。このうち、ウエハWの図5における下側（-Y側）に設けられた基準マーク板FMeには、図4に示される基準マーク板FMaと同様に二眼一對のRA顕微鏡で同時に計測できる2つの基準マークMe1, Me2が形成されており、その他の基準マーク板FMf, FMgには、図3に示される基準マーク板FMc, FMdと同様、前記ホルダ座標系を規定するための基準マークMf, Mgがそれぞれ形成されている。

#### 【0111】

この図5の変形例の場合も、上記実施形態と同様、基準マークで囲まれる三角形の領域EA' の内部にウエハホルダの中心が存在するので、基準マークの位置の計測結果に基づいてウエハホルダの中心を求める場合、その中心点は基準マーク位置のいわば内挿点に相当する。従って、主制御装置50が、アライメント系と干渉計とを用いてウエハステージ上に設けられた各基準マークの位置情報を検出し、その位置情報に基づいて所定の演算を行なうことにより、ウエハホルダの中心を原点とするホルダ座標系をある程度高い信頼度で求めることができる。また、領域EA' 内部に含まれるショット領域に付設されたアライメントマークの位置情報を用いてEGA演算を行うことにより、その演算結果である誤差パラメータ（X, Yオフセット、ローテーション、直交度、X, Yスケーリング）の信頼性を、領域EA' 外部のショット領域に付設されたアライメントマークの位置情報を用いてEGA演算を行う場合に比べて高くすることができる。この点は、上記実施形態でも同様である。

#### 【0112】

また、基準マーク板同士の間隔が、所定の方角に対してのみ大きくなるような

配置では、それに直交する方向の間隔が小さくなるため、いわゆる E G A 計測における計測精度の低下が起こるので、ウエハホルダの外周にほぼ均等な角度間隔で基準マーク（基準マーク板）を配置することが好ましい。

#### 【 0 1 1 3 】

なお、ウエハステージ上の基準マーク板の配置としては、本変形例や上記実施形態のような配置に限らず、多角形の頂点に少なくとも 3 つの基準マークが位置するように基準マーク板を配置すれば良く、その数、配置位置については任意に設定することが可能である。

#### 【 0 1 1 4 】

図 6 には、第 2 変形例に係るウエハステージ W S T” が示されている。この第 2 の変形例に係るウエハステージ W S T” では、図 6 から分かるように、ウエハホルダの近傍に 2 つの基準マーク板 F M h, F M i が設けられているところに特徴を有している。

#### 【 0 1 1 5 】

これら 2 つの基準マーク板 F M h, F M i は、ウエハホルダの中心を通る直線 E A” 上の中心に関して反対側に配置されており、基準マーク板 F M h, F M i には、図 3 に示される基準マーク板 F M c, F M d と同様、ホルダ座標系を規定するための基準マーク M h, M i が形成されている。

#### 【 0 1 1 6 】

2 つの基準マーク板をこのように配置することにより、基準マーク間の間隔をウエハホルダの直径程度の長さにとることができ、計測スパンの制約を緩和することができ、これにより計測精度の向上を図ることができる。また、2 つの基準マークを結ぶ直線上にウエハホルダの中心が存在するので、基準マークの位置の計測結果に基づいてウエハホルダの中心を求める場合、その中心点は基準マーク位置の内挿点に相当する。従って、例えば、主制御装置 9 0 では、アライメント系と干渉計とを用いてウエハステージ上に設けられた各基準マークの位置情報を検出し、その位置情報に基づいて所定の演算を行なうことにより、ウエハホルダの中心を原点とするホルダ座標系をある程度高い信頼度で求めることができる。また、主制御装置 9 0 では、アライメント系と干渉計とを用いてウエハ上の前記

直線上に存在するアライメントマークの位置情報を、例えばアライメント時座標系上で求め、これをホルダ座標系における位置情報に変換することにより、例えば、ウエハステージの位置が一時的に管理できなくなった場合であっても、新たな座標系（露光時座標系）上で基準マークを再度計測することにより、その計測結果と前記ホルダ座標系における位置情報とに基づいて新たな座標系上でアライメントマークの位置情報を高い信頼性で求めることができる。従って、ウエハステージの大型化及び装置のフットプリントの拡大を招くことなく、ウエハの位置を常に精度良く管理することが可能となる。この場合、2つの基準マークがウエハホルダの中心に対して対称であることから、例えばウエハホルダの中心座標及び回転角を容易に算出することが可能である。また、例えば、ウエハステージの位置が、干渉計により直交座標系上で管理されている場合において、2つの基準マークを結ぶ直線が直交座標系の座標軸に対してほぼ $45^\circ$ の傾斜を有するようにすることにより、直交座標系の両座標軸方向について同等の精度でマーク位置の計測を行うことが可能となる。また、図1の露光装置は2つのウエハステージを有するものとしたが、1つであっても良く、基準マーク板以外の構成は任意で構わない。また、各基準マーク板に形成する基準マークは1次元マークと2次元マークのいずれでも良いし、両者を組み合わせても良い。

## 【0117】

なお、上記実施形態では、光源としてKrFエキシマレーザ、ArFエキシマレーザなどの紫外光源や、F<sub>2</sub>レーザ等の真空紫外域のパルスレーザ光源を用いるものとしたが、これに限らずAr<sub>2</sub>レーザ光源（出力波長126nm）などの他の真空紫外光源を用いても良い。また、例えば、真空紫外光として上記各光源から出力されるレーザ光に限らず、DFB半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム（Er）（又はエルビウムとイッテルビウム（Yb）の両方）がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。

## 【0118】

なお、上記実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式等の走査型露光装



置に本発明が適用された場合について説明したが、本発明の適用範囲がこれに限定されないことは勿論である。すなわちステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置にも本発明は好適に適用できる。

#### 【0119】

なお、複数のレンズから構成される照明系、投影光学系を露光装置本体に組み込み、光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより、上記実施形態の露光装置を製造することができる。なお、露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

#### 【0120】

なお、本発明は、半導体製造用の露光装置に限らず、液晶表示素子などを含むディスプレイの製造に用いられる、デバイスパターンをガラスプレート上に転写する露光装置、薄膜磁気ヘッドの製造に用いられるデバイスパターンをセラミックウエハ上に転写する露光装置、及び撮像素子（CCDなど）、マイクロマシン、DNAチップなどの製造に用いられる露光装置などにも適用することができる。また、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。ここで、DUV（遠紫外）光やVUV（真空紫外）光などを用いる露光装置では一般的に透過型レチクルが用いられ、レチクル基板としては石英ガラス、フッ素がドーパされた石英ガラス、螢石、フッ化マグネシウム、又は水晶などが用いられる。また、プロキシミティ方式のX線露光装置、又は電子線露光装置などでは透過型マスク（ステンシルマスク、メンブレンマスク）が用いられ、マスク基板としてはシリコンウエハなどが用いられる。

#### 【0121】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、請求項1～7に記載の各露光装置によれば、基板ステー

ジの小型化及び装置フットプリントの縮減が可能であるという効果がある。特に、請求項 2～7 に記載の各露光装置によれば、上記に加え、基板の位置を常に精度良く管理することができるという効果もある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

一実施形態にかかる露光装置の概略構成を示す図である。

【図 2】

2つのウエハステージとレチクルステージと投影光学系とアライメント系の位置関係を示す斜視図である。

【図 3】

図 1 のステージ装置の構成を示す平面図である。

【図 4】

ウエハステージ上における基準マーク板の具体的な配置方法を示す図である。

【図 5】

第 1 変形例に係るウエハステージを示す平面図である。

【図 6】

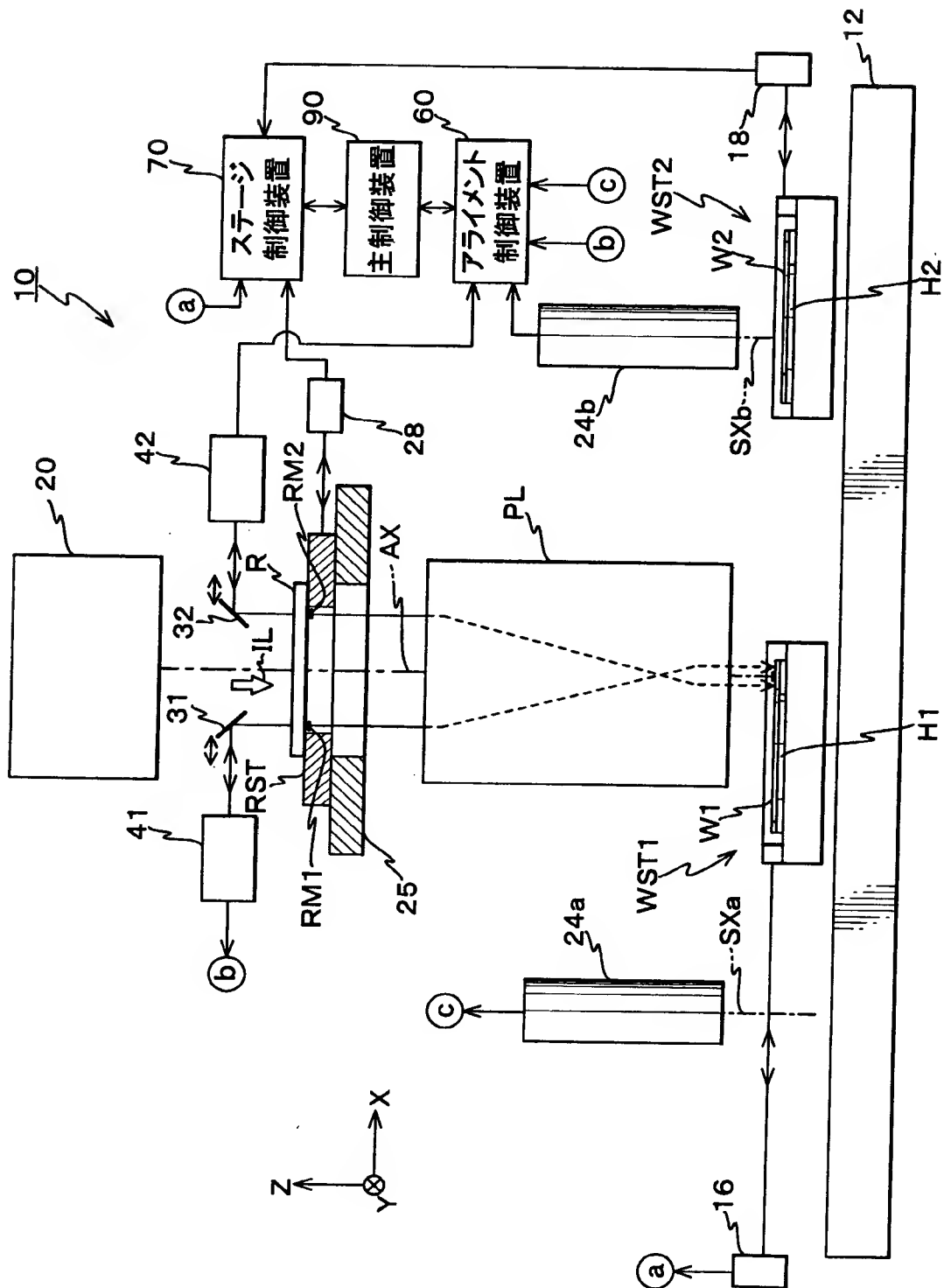
第 2 変形例に係るウエハステージを示す平面図である。

【符号の説明】

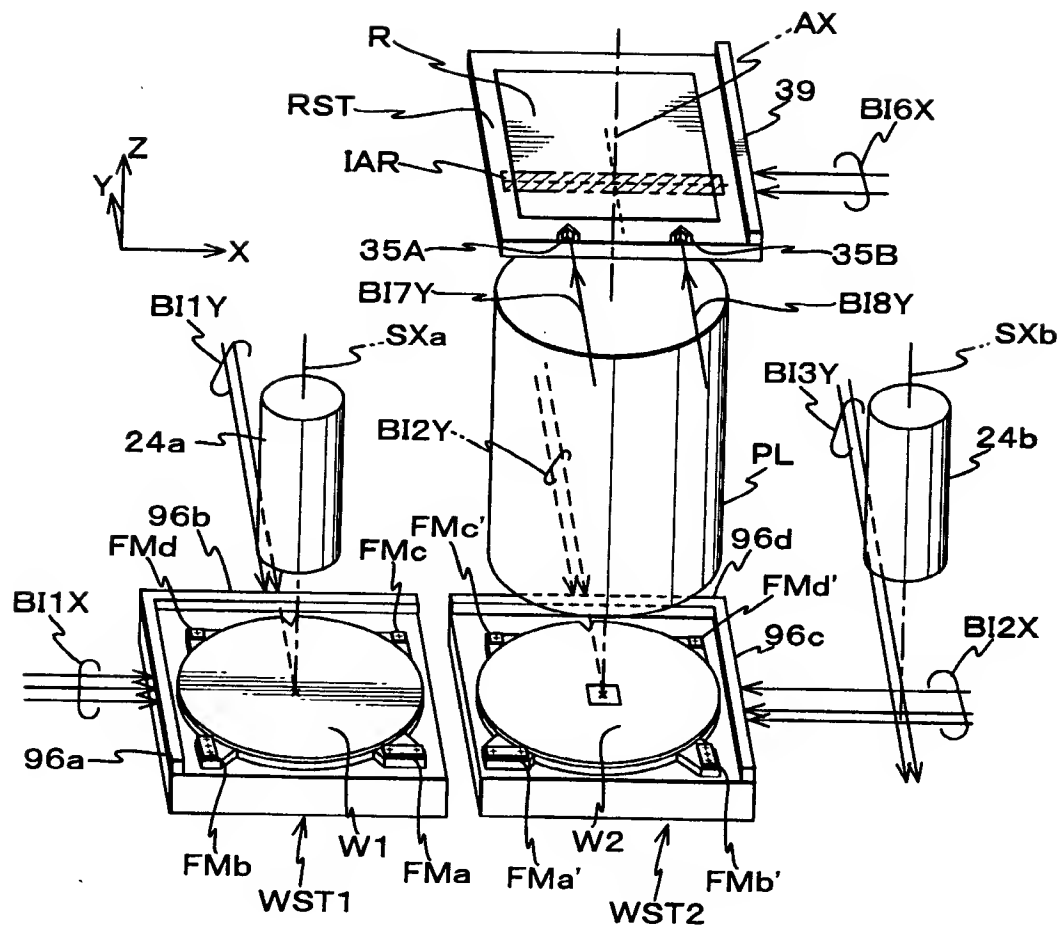
1 0…露光装置、1 6, 1 8…X軸干渉計（位置計測装置の一部）、2 4 a, 2 4 b…アライメント系（マーク検出系）、4 4, 4 6, 4 8…Y軸干渉計（位置計測装置の一部）、9 0…主制御装置（制御装置）、FM a～FM d, FM a'～FM d'…基準マーク板、H 1, H 2…ウエハホルダ（基板保持部材）、I L…露光光（エネルギービーム）、M a 1～M d…基準マーク、W 1, W 2…ウエハ（基板）、W S T 1, W S T 2…ウエハステージ（基板ステージ）。

【書類名】 図面

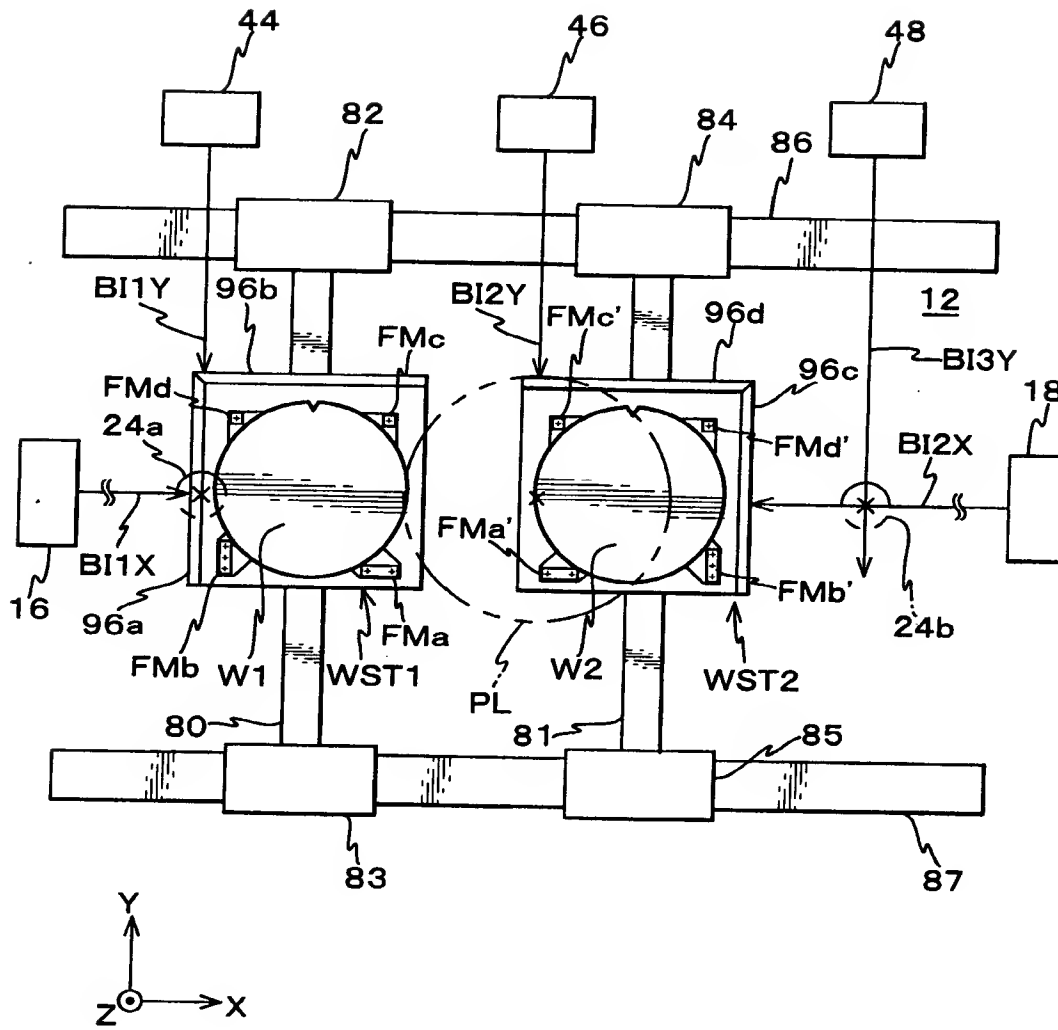
【図 1】



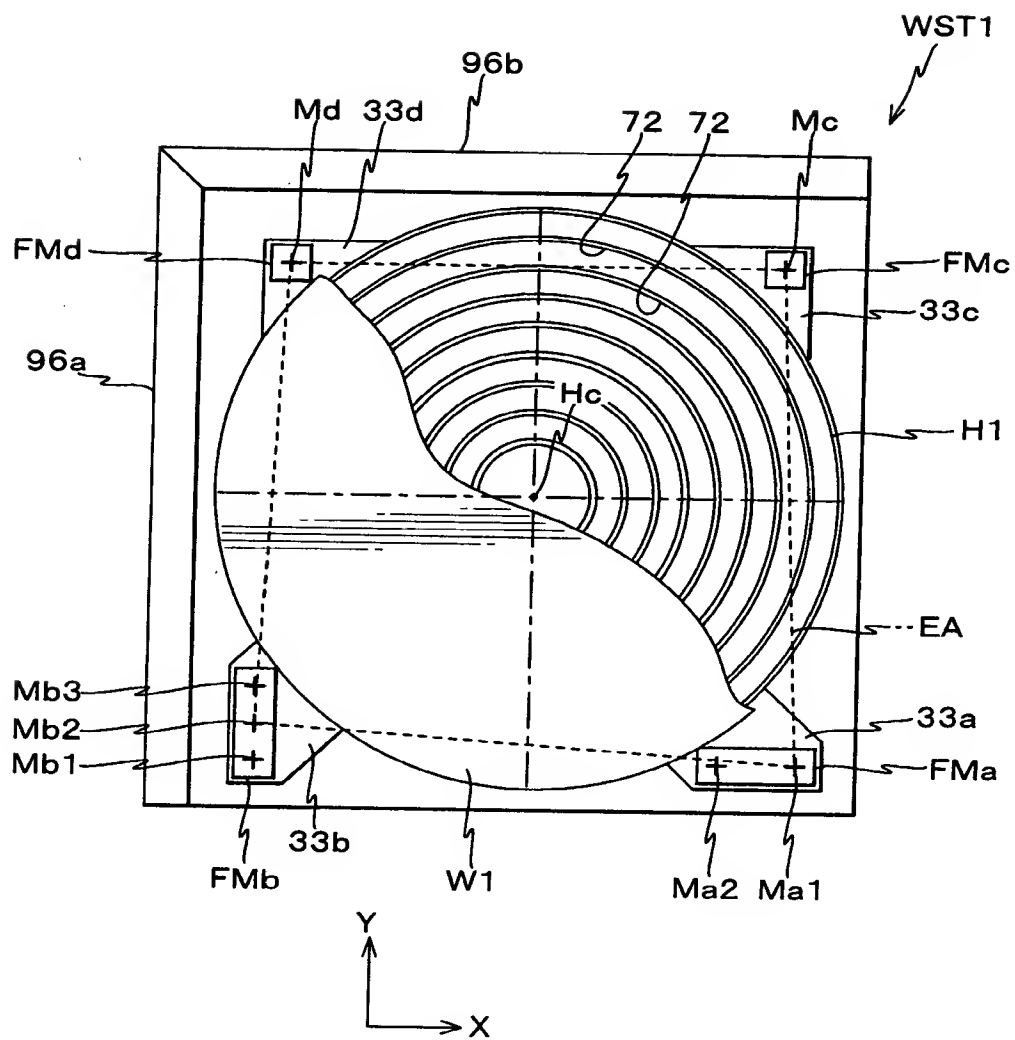
【図2】



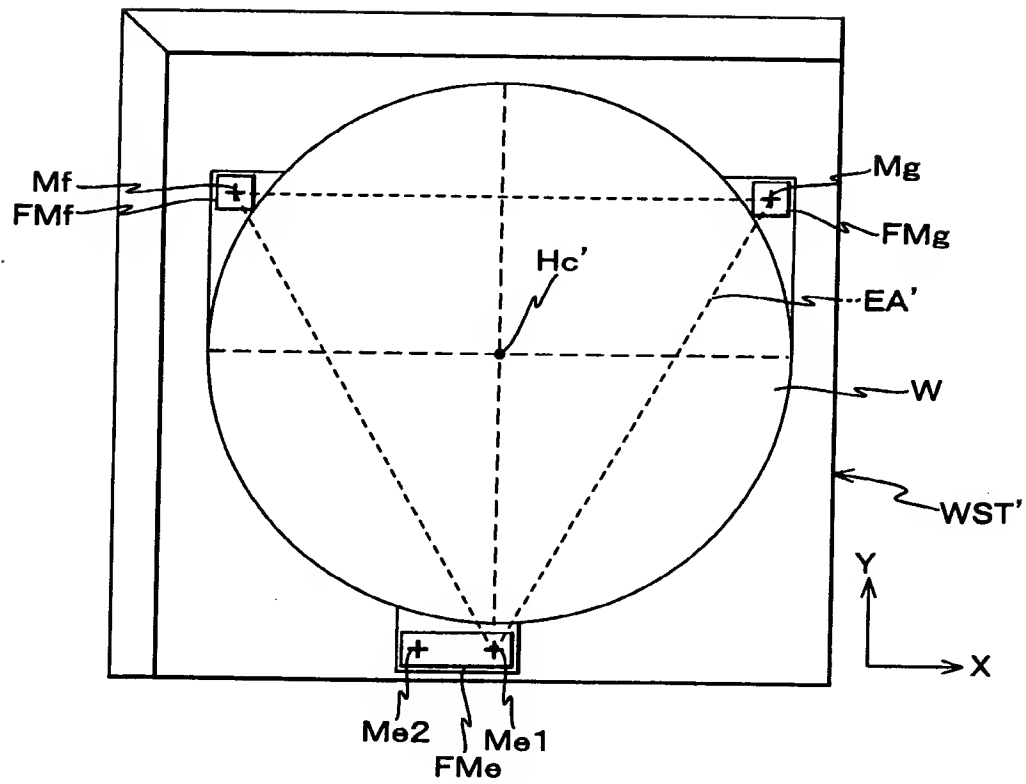
【図3】



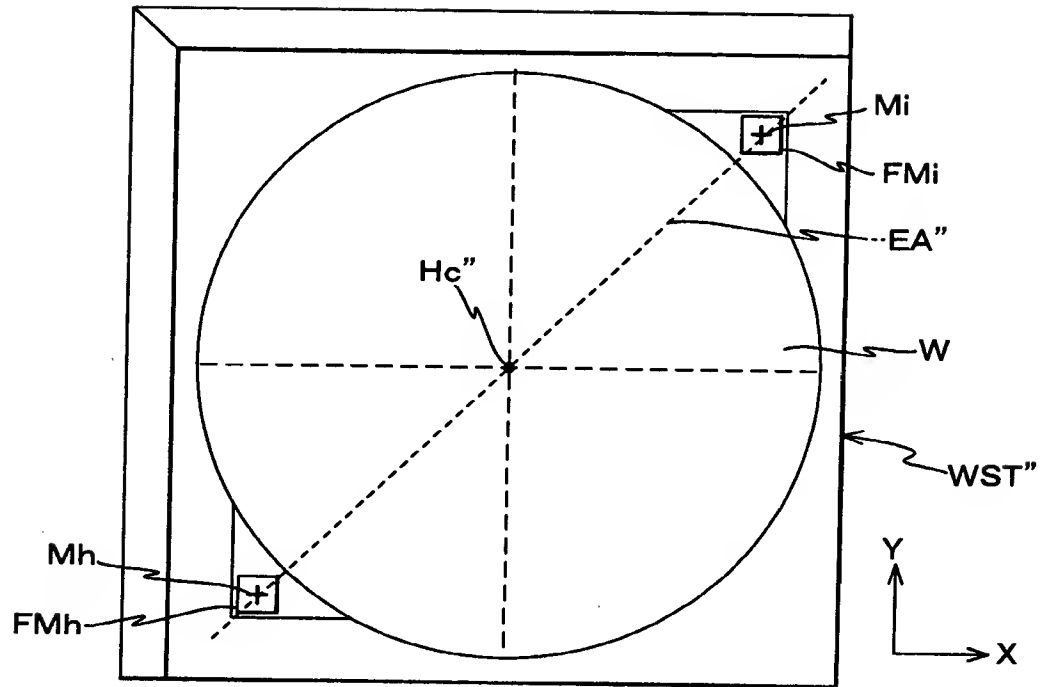
【図4】



【図 5】



【図6】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 基板ステージの小型化及び装置フットプリントの縮減を図る。

【解決手段】 基板ステージ（W S T 1，W S T 2）上において、基板ホルダ（H 1，H 2）との位置関係が一定となるように、使用される計測シーケンス毎に複数の基準マークが分散して配置された複数の基準マーク板（F M a ～ F M d，F M a' ～ F M d'）が、基板ホルダの周辺に設けられている。このため、基板ステージ上の僅かなスペースに基準マーク板を設けることができる。また、制御装置により、マーク検出系を用いて各基準マークの位置情報を検出する検出動作を含む各種計測シーケンスが実行される。従って、計測機能を維持したまま、基板ステージの小型化、ひいては装置のフットプリントの縮減を図ることが可能となる。

【選択図】 図 3

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 3 6 2 2 5 8
受付番号	5 0 0 0 1 5 3 4 2 3 6
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 2 年 1 1 月 3 0 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成 1 2 年 1 1 月 2 9 日
-------	----------------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 4 1 1 2 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
氏 名 株式会社ニコン